

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-300131
(P2002-300131A)

(43) 公開日 平成14年10月11日(2002.10.11)

(51) Int. Cl. 7 識別記号 F I テーマコード(参考)
H04J 11/00 H04J 11/00 Z 5K022

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L

(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-98517(P2001-98517)

(22) 出願日 平成13年3月30日(2001.3.30)

(71) 出願人 000001122

株式会社日立国際電気

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72) 発明者 秋山 俊之

東京都小平市御幸町32番地

株式会社日立

国際電気小金井工場内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

Fターム(参考) 5K022 D001 D018 D033

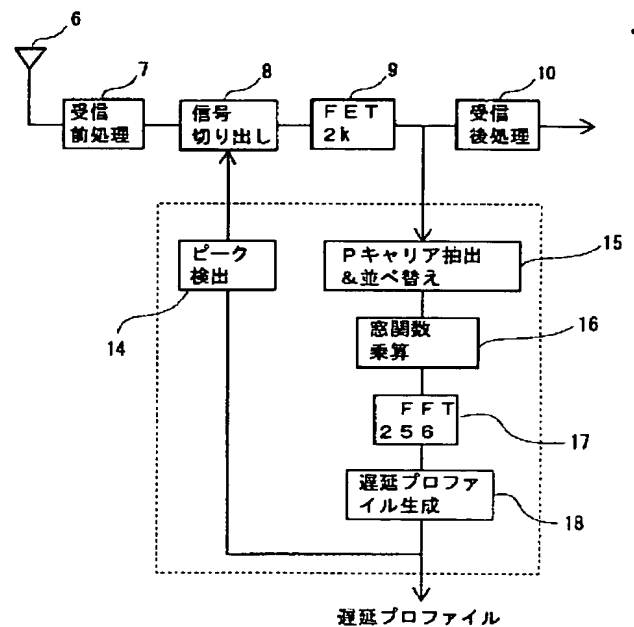
(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置

(57) 【要約】

【課題】 遅延プロファイルの演算を、小形で低価格なFFTを用いて構成することができる直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置を提供する。

【解決手段】 遅延プロファイル解析回路が、パイロット信号を有するパイロット搬送波をサンプルし且つサンプルポイント位置をつめてサンプルポイント数を少なくする例えばサンプルポイント抽出回路15と、サンプルポイント抽出回路からのサンプルポイント数の少ないパイロット搬送波を逆フーリエ変換するFFT回路17とを少なくとも備えたことを特徴とする。

図 1



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】互いに直交する複数の搬送波の各搬送波（キャリア）を情報符号とパイロット信号とで変調して伝送する変調方式である直交周波数分割多重変調方式（OFDM方式）で変調された受信信号（OFDM信号）の遅延プロファイルを解析する遅延プロファイル解析回路を有する装置において、

前記遅延プロファイル解析回路が、前記パイロット信号を有するパイロットキャリアをサンプルし且つサンプルポイント位置をつめてサンプルポイント数を少なくするサンプルポイント抽出回路と、前記サンプルポイント抽出回路からの前記サンプルポイント数の少ないパイロットキャリアをフーリエ変換するFFT回路とを少なくとも備えたことを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項2】請求項1記載において、前記FFT回路のサンプルポイント数が、前記OFDM信号の変調で実施する逆フーリエ変換（IFFT）あるいは復調で実施するフーリエ変換（FFT）のサンプルポイント数より少ないサンプルポイント数であることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項3】請求項2記載において、前記OFDM信号が、N本のキャリアの間に前記パイロット信号を有するパイロットキャリアをn本毎に挿入されて成るOFDM信号であり、前記遅延プロファイル解析回路の前記FFT回路のサンプルポイント数Mprofileが、前記OFDM信号の変調で実施する逆フーリエ変換（IFFT）あるいは復調で実施するフーリエ変換（FFT）のサンプルポイント数Nofdm/nに等しいかそれより大きい整数値であることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項4】請求項3記載において、前記整数値が2のべき乗値であることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項5】請求項3記載において、前記サンプルポイント抽出回路が、前記OFDM信号の間にn本毎に挿入されているパイロット信号を、サンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えること、あるいはnより少ないサンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項6】請求項3記載において、前記サンプルポイント抽出回路が、前記パイロット信号を時間方向に内挿して算出したパイロットキャリア信号を、サンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えること、あるいはnより少ないサンプルクロック毎に連続的に並べた信号に

変えることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項7】請求項3記載において、前記サンプルポイント抽出回路が、前記パイロット信号を周波数方向に内挿して求めた基準信号の内の、前記パイロット信号を有するパイロットキャリアが挿入されるキャリアの間隔nと同じ間隔の基準信号を選択して得た信号を、サンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えること、あるいはnより少ないサンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項8】請求項3記載において、前記サンプルポイント抽出回路が、前記パイロット信号を時間方向に内挿して算出したパイロットキャリア信号を更に周波数方向に内挿して算出した基準信号の内の、前記パイロットキャリア信号を、サンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えること、あるいはnより少ないサンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項9】請求項1記載において、前記サンプルポイント抽出回路と前記FFT回路との間に、前記サンプルポイント抽出回路からの前記サンプルポイント数の少ないパイロット搬送波に、ハミング窓あるいはカイザー窓等の滑らかな曲線で特徴付けられる窓関数を乗算する窓関数乗算回路をさらに備え、前記窓関数乗算回路を通した信号を前記FFT回路に供給することを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置。

【請求項10】互いに直交するN本の搬送波（キャリア）を情報符号で変調して伝送する変調方式である直交周波数分割多重変調方式（OFDM方式）で変調された受信信号（OFDM信号）の遅延プロファイルを解析する遅延プロファイル解析回路を有する装置において、前記遅延プロファイル解析回路が、前記パイロット信号を有するパイロットキャリアをサンプルしてMサンプルクロックを周期として繰り返される信号を出力するサンプルポイント抽出回路と、前記サンプルポイント抽出回路からのパイロットキャリアをフーリエ変換するFFT回路と、前記Mサンプルクロックの信号の内の主波の位置を表すインパルスより時間的に先行する範囲にある信号の一部を、前記Mサンプルクロックの信号の内の主波より遅延した範囲にある信号より更に遅延した領域に巡回的に移動し、該移動した信号の一部を遅延波の存在を表す範囲の信号として出力する遅延プロファイル生成回路とを備えたことを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する遅延プロファイル解析回路を有する装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、互いに直交する複数本の搬送波（キャリア）を情報符号で変調する直交周波数分割多重変調方式（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：以下OFDM方式という）で変調された受信信号の遅延プロファイルを解析する遅延プロファイル解析回路を有する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、無線装置の分野では、マルチパスフェージングに強い変調方式としてOFDM方式が脚光を集め、欧州や日本を初めとする各国の次世代のテレビ放送、FPU、無線LAN等の分野で多くの応用研究が進められている。この内、UHF帯の地上デジタル放送方式については、映像情報メディア学会誌1998Vol. 52, No. 11に詳しく記されている。

【0003】この放送方式で変調された受信信号に対する遅延プロファイルの演算方法は、特開2000-134176号公報で既に提案されている。本発明はこの遅延プロファイルの演算方法に関するものであるが、提案特許の説明で用いられているUHF帯の地上デジタル放送方式の搬送波構造は非常に複雑であるので、本発明に関連する部分を、より簡単な搬送波構造とした場合を例にとって説明する。

【0004】OFDM方式は、図10の様に、一定の伝送帯幅内に互いに直交する N （ N は正の整数）本、例えば約1400本の搬送波（キャリア：以下キャリアという）を設け、情報符号によって指定キャリアを64QAM等の変調方式で変調して伝送する変調方式である。

【0005】図11は、そのキャリア構造の一部を拡大して更に詳しく説明する図であり、同様の構造が全伝送帯に渡って繰り返されると考えて良い。

【0006】図11において、横方向に並ぶ「□」はそれぞれ1本のキャリア21を表す。横一列の「□」はOFDM信号を構成する1つのシンボルを表し、縦方向は時間の経過を表している。

【0007】CPと書かれた「□」は、復調の際に必要な基準信号を再生するのに用いるパイロット信号Pの位置を示している。また、何も書かれていない「□」は64QAMで変調された信号位置を表している。なお、日本のUHF帯の地上デジタル放送方式では、パイロット信号Pは、図12のSPと書かれた「□」の様に、周波数方向と時間方向にばらまかれた位置に配置されている。そのため、パイロット信号PはSP（Scattered Pilot）と銘々されている。しかし、図11のキャリア構造ではパイロット信号Pを時間方向に連続的に挿入しているので、連続性を強調したCP（Continual Pilot）に変えて示した。

【0008】図13は、OFDM方式の送信装置を構成する回路の中から、本発明に関係する部分を取り出して示した回路図である。送信前処理回路1に入力された情報符号は、誤り訂正符号への変換、64QAMへの変調、及び図11に従ったCPキャリアの挿入等の前処理により、各サンプルクロックの信号が図11の横一列に並ぶ各キャリアの信号を表す2048（2の11べき乗値、2のべき乗値のひとつ）サンプルクロックの周波数分布イメージの信号列に変換される。変換された信号列は2048ポイントの逆フーリエ変換（IFFT）を実施するIFFT2k回路2に入力され、同じ2048サンプルクロックの信号で構成される時間波形を表す信号列に変換される。

【0009】図14は送信装置から送信される時間波形を模式的に示したものであり、図13のIFFT2k回路2からは、OFDM信号の有効シンボル長 T_s の期間の時間波形が出力される。ガードインターバル挿入回路3は、この期間 T_s の時間波形の内の b の部分 b' の部分にコピーして挿入する回路である。この様にガードインターバルを挿入されたシンボル期間 T_s' の信号は、送信後処理回路4において、更に直交変調、D/A変換、アップコンバート等の後処理を施された後、アンテナ5から送信される。

【0010】図15の受信装置において、アンテナ6で受信された信号は、受信前処理回路7において、ダウンコンバート、A/D変換、直交復調等の前処理を実施された後、信号切り出し回路8に入力され、図14の T_s 期間に対応する2048サンプルの信号列が切り出される。切り出された信号列は2048ポイントのフーリエ変換（FFT）を実施するFFT2k回路9に入力され、周波数分布イメージの信号列である図11の横一列の信号列に戻される。

【0011】ところで、64QAMで変調された信号を復調するには、一般の教科書にも記されているように、信号空間上の物差しに相当する基準信号が必要である。図11のパイロット信号CPは、この基準信号の再生を可能にするために挿入された信号である。例えば、図11のキャリア21に対する基準信号は、このキャリア近傍に並ぶ同じシンボル内の複数のCP信号であるCP1、CP2等の信号から内挿演算によって算出し、算出された基準信号を用いて64QAMの復調を実施する。図15の受信後処理回路10は、この64QAMの復調、復調符号の符号誤り訂正等の後処理を実施する回路である。受信後処理回路10から出力された符号は、復号された情報符号として受信装置から出力される。

【0012】図15において、破線で囲まれた部分は、特開2000-134176号公報で提案された方法を実施する遅延プロファイル解析回路部である。

【0013】FFT2k回路9から出力された信号列は、パイロットキャリア（以下Pキャリアという）抽出

&ゼロ挿入回路11に入力される。そして、図16の
(a)に模式的に示すFFT2k回路9の出力信号から
CPキャリア信号を抽出すると共に、図16の(b)に
示す様に残りのキャリアの信号値を零にして出力する。

【0014】CPを抽出して得られた信号列は、OFDM
信号の復調で用いたFFTと同じポイント数2048
のFFT2k回路12に入力され、FFTされる。IFF
FFT2k回路12から出力される信号波形の例を図17
に示す。IFFFFT2k回路12から出力される1シンボ
ルの信号は第0から第2047の2048サンプルクロ
ックの信号で、図11のキャリア構造の中にCPがn=
8キャリア毎に挿入されているため、(a)から(h)
まで同じ波形が巡回的に8回繰り返される構造になる。
図17の最も大きなメインパルスが有る位置は、図18
の(a)の様に、送信装置のIFFFFT2k回路2でIFF
FFTされたTs部分が切り出されてFFT2k回路9に
入力される信号成分が有る場合に生じるインパルス位置
である。受信装置では、受信される主波が図18の
(a)の位置に来るように同期を引き込むので、主波は
主波インパルスの位置に現れる。

【0015】遅延波インパルスは図18の(b)の様に
主波に対して遅延した成分の存在を表し、先行波インパ
ルスは図18の(c)の様に主波に対して先行する成分
の存在を表す。そこで図15の遅延プロファイル生成回
路13では、繰り返される8個の領域の何れか、例えば
図17の(b)の部分、すなわち第256サンプルクロ
ックを中心とする第128サンプルクロックから第38
3サンプルクロックの領域の信号を抜き出し、その絶対
値あるいは絶対値の2乗値を、図19の(a)の様に遅
延プロファイル信号として出力する。この信号をオシロ
スコープ等を用いて表示することにより、受信信号の遅
延プロファイルを観測することができる。

【0016】また、この遅延プロファイル信号を図15
のピーク検出回路14に入力して、そのピーク位置から
主波の位置を検出し、検出した位置データを基に信号切
り出し回路8で切り出す信号のタイミングのずれを検出
すると共に、そのタイミングを制御する。これにより、
主波のTs部分が理想的なタイミング位置になるように
制御することができる。

【0017】なお、図19で観測できる遅延時間の実際
の時間値、例えば $\pm 83 \mu \text{sec}$ 等の値はFFT2k回
路のサンプルクロック周波数によって変化するので、図
19の遅延時間はサンプルクロックの数で示した。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来の遅延
プロファイルの演算方法を実施する遅延プロファイル解
析回路部では、OFDM信号の復調で用いたFFTのポ
イント数と同じポイント数である2048ポイントのFF
Tを実施できるFFT2k回路12が必要である。し
かし、1024ポイントを越えるFFTは現状では入手

すら困難であり、自らゲート規模が大きなICを設計製
作する必要があるため非常に高価な部品となっている。
そのため、遅延プロファイルを求めるために2048ポ
イントのFFT2k回路12を用いることは、受信装置
の回路の小形化や低価格化に対して多大な障害になると
いう第1の課題がある。

【0019】また、無線伝送で得られる遅延プロファ
イルの波形は、通常図19の(b)の様な波形になり、遅
延波が分布する範囲は先行波が分布する範囲より広くな
っている。そのため、先行波より広い範囲の遅延波を観
測する必要がある。しかし、従来の遅延プロファイル解
析回路では、図19の(a)の様に先行波の観測範囲と
遅延波の観測範囲が等しく、先行波の観測範囲に無駄が
生じるのに対して遅延波の観測範囲は不足するというアン
バランスが生じるという第2の課題がある。

【0020】また、主波しか含まれない信号をFFTす
ると、FFT2k回路12から出力されるインパルスの
詳細な波形は図20の様になり、遅延波や先行波がない
にも関わらず、遅延波や先行波の位置に無視できない偽
信号が現れる。そのため、本来の遅延波や先行波の観測
が困難になる第3の課題があった。

【0021】本発明の第1の目的は、遅延プロファイル
の演算を、小形で低価格なFFTを用いて構成すること
ができる直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延
プロファイルを解析する回路を有する装置を提供すること
にある。

【0022】本発明の第2の目的は、 $\pm 83 \mu \text{sec}$ 等
の遅延プロファイルを観測できる全時間幅を維持したま
ま、遅延波を観測できる範囲を先行波を観測できる範囲
より広くでき、通常発生する遅延プロファイルの分布に
合ったバランスの良い範囲の遅延プロファイルを表示で
きる直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロ
ファイルを解析する回路を有する装置を提供することにあ
る。

【0023】本発明の第3の目的は、インパルスの詳細
な波形で遅延波や先行波の位置に現れる偽信号のレベル
を低減し、正確な遅延プロファイルの分布波形を得るこ
とができる直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅
延プロファイルを解析する回路を有する装置を提供するこ
とにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明は、互いに直交す
る複数の搬送波(キャリア)を情報符号とパイロット信
号とで変調して伝送する変調方式である直交周波数分割
多重変調方式(OFDM方式)で変調された受信信号
(OFDM信号)の遅延プロファイルを解析する遅延プ
ロファイル解析回路を有する装置において、前記遅延プ
ロファイル解析回路が、前記パイロット信号を有するパ
イロットキャリアをサンプルし且つサンプルポイント位
置をつめてサンプルポイント数を少なくするサンプルポ

イント抽出回路と、前記サンプルポイント抽出回路からの前記サンプルポイント数の少ないパイロットキャリアをフーリエ変換するFFT回路とを少なくとも備えたことを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0025】本発明は、前記FFT回路のサンプルポイント数が、前記OFDM信号の変調で実施する逆フーリエ変換（IFFT）あるいは復調で実施するフーリエ変換（FFT）のサンプルポイント数より少ないサンプルポイント数であることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0026】本発明は、前記前記OFDM信号が、複数のキャリアの間に前記パイロット信号を有するパイロットキャリアを n （ n は正の整数）本毎に挿入されて成るOFDM信号であり、前記遅延プロファイル解析回路の前記FFT回路のサンプルポイント数 $M_{profile}$ が、前記OFDM信号の変調で実施する逆フーリエ変換（IFFT）あるいは復調で実施するフーリエ変換（FFT）のサンプルポイント数 N_{ofdm} の $1/n$ に等しいかそれより大きい整数値であることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0027】本発明は、前記整数値が2のべき乗値であることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0028】本発明は、前記サンプルポイント抽出回路が、前記OFDM信号の間に n 本毎に挿入されているパイロット信号を、サンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0029】本発明は、前記サンプルポイント抽出回路が、前記パイロット信号を時間方向に内挿して算出したパイロットキャリア信号を、サンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えること、あるいは n より少ないサンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0030】本発明は、前記サンプルポイント抽出回路が、前記パイロット信号を周波数方向に内挿して求めた基準信号の内の、前記パイロット信号を有するパイロットキャリアが挿入されるキャリアの間隔 n と同じ間隔の基準信号を選択して得た信号を、サンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えること、あるいは n より少ないサンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置であ

る。

【0031】本発明は、前記サンプルポイント抽出回路が、前記パイロット信号を時間方向に内挿して算出したパイロットキャリア信号を更に周波数方向に内挿して算出した基準信号の内の、前記パイロットキャリア信号を、サンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えること、あるいは n より少ないサンプルクロック毎に連続的に並べた信号に変えることを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0032】本発明は、前記サンプルポイント抽出回路と前記FFT回路との間に、前記サンプルポイント抽出回路からの前記サンプルポイント数の少ないパイロット搬送波に、ハミング窓あるいはカイザー窓等の滑らかな曲線で特徴付けられる窓関数を乗算する窓関数乗算回路をさらに備え、前記窓関数乗算回路を通した信号を前記FFT回路に供給することを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0033】本発明は、互いに直交する複数の搬送波（キャリア）を情報符号とパイロット信号とで変調して伝送する変調方式である直交周波数分割多重変調方式（OFDM方式）で変調された受信信号（OFDM信号）の遅延プロファイルを解析する遅延プロファイル解析回路を有する装置において、前記遅延プロファイル解析回路が、前記パイロット信号を有するパイロットキャリアをサンプルして M サンプルクロックを周期として繰り返される信号を出力するサンプルポイント抽出回路と、前記サンプルポイント抽出回路からの前記パイロットキャリアをフーリエ変換するFFT回路と、前記 M サンプルクロックの信号の内の主波の位置を表すインパルスより時間的に先行する範囲にある信号の一部を、前記 M サンプルクロック信号の内の主波より遅延した範囲にある信号より更に遅延した領域に巡回的に移動し、該移動した信号の一部を遅延波の存在を表す範囲の信号として出力する遅延プロファイル生成回路とを備えたことを特徴とする直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置である。

【0034】【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態の受信装置と遅延プロファイル解析回路部の回路構成を図1に示す。従来の回路からの変更点は破線で囲まれた遅延プロファイル解析回路部の構成のみなので、この遅延プロファイル解析回路部の回路構成とその動作を中心に以下説明する。

【0035】従来の回路と同様にして、FFT $2k$ 回路9から出力された信号列は、図15のパイロットキャリア（Pキャリア）抽出&ゼロ挿入回路11の代わりに設けたPパイロットキャリア（Pキャリア）抽出&並べ替え回路15に入力する。この回路15ではPキャリア抽

出&ゼロ挿入回路11と同様にCPキャリア信号を抽出するが、残りのキャリアの信号値を零に置き換えるのではなく、図2の(b)の様に、サンプル数を256にし、サンプルクロック毎に連続的に並べ直して出力する。

【0036】次の窓関数乗算回路16は、後段のFFT256回路17に入力する信号にハミング窓あるいはカイザー窓等の滑らかな曲線で特徴付けられる窓関数を乗算する回路である。ところで、FFT2k回路9から出力される信号は図3の(a)に実線の矩形で示すような波形を持つ。図16の(a)あるいは図2の(a)は、図3の(a)の一部を拡大して示したものである。

【0037】上記の第3の課題で記した偽信号は、図3の(a)の波形が矩形であるために生じた振動成分によるものである。周波数分析においてはこのような場合、破線曲線の様に、FFTを実施する2048ポイント幅の信号全体に滑らかな曲線からなるハミング窓あるいはカイザー窓等による窓関数を乗じてからFFTし、振動成分のレベルを押さえる処理を実施する。

【0038】しかし、図3の(a)の波形の場合、有効なサンプル数の範囲の中央部に矩形状の波形が残るため、有効な低減効果が得られない。そこで本実施の形態では図3の(c)の様に、Pキャリア抽出&並べ替え回路15で、CPキャリアのみを抽出して得られる図3の(b)の信号のAの部分と、Bの部分の後ろに移して矩形状の波形をなくした後、破線曲線で示す窓関数を乗じて出力する。この場合、有効な信号は連続して配置されるため、窓関数の内部には矩形状の波形が現れない。そのため、図20に示した偽信号のレベルを大幅に低減でき、上記の第3の課題を解決できる。

【0039】ただし、ここで説明した図3の(b)から図3の(c)への信号の入れ替えは、Pキャリア抽出&並べ替え回路15で実施する方が回路が簡単になる。

【0040】図4はこのパイロットキャリア抽出&並べ替え回路15の内部回路構成の例を示したものである。図1のFFT2k回路9から出力された信号列は、スイッチ151に入力される。そして図3の(a)のAの部分はFIFO152へ、Bの部分はFIFO153に入力される。

【0041】FIFO152では、イネーブルパルスENa1/8の制御の下に、Aの部分に8サンプルクロック毎に挿入されてくるCPキャリアの信号を選択してFIFO152内に蓄積する。同様にFIFO153では、イネーブルパルスENb1/8の制御の下に、Bの部分のCPキャリアの信号を選択してFIFO153内に蓄積する。

【0042】一方FIFO153の出力側では、イネーブルパルスENb1の制御の下に、適当なタイミングを開始点として、内部に蓄積されているCP信号をサンプルクロック毎に連続的に読み出し、スイッチ154を通

して外部に出力する。またFIFO152の出力側では、イネーブルパルスENa1の制御の下に、内部に蓄積されているAの部分のCP信号を、FIFO153からBの部分のCP信号を読み出した後に続けて連続的に読み出し、スイッチ154を通して外部に出力する。

【0043】この処理により、Pキャリア抽出&並べ替え回路15からは、図3の(c)の信号列が出力される。窓関数乗算回路16では、単に図3の(c)の信号列に破線曲線で示す窓関数の乗算のみを実施して出力する。

【0044】窓関数乗算回路16で窓関数を乗算された図3の(c)の信号列は、図1のFFT256回路17に入力される。ところで、図11のキャリア構造ではCPが8キャリア毎に挿入されているので、図3の(c)の信号列において有意な値を持つサンプルクロックの数は、図3の(c)の信号列のAの部分とBの部分の約1400サンプルの1/8の176点に過ぎない。従って2のべき乗のサンプルポイント数のFFTを用いる場合、256サンプルポイントのFFTを実施すれば、図3の(c)の有意な信号列部分の周波数変換が可能である。FFT256回路17は、この変換が可能で最小限のサンプルポイント数である256サンプルポイントのFFTを実施する回路である。このサンプルポイント数Mprofile=256は、OFDM信号の変調で実施するIFFTあるいは復調で実施するFFTのサンプルポイント数Nofdm=2048の1/8に過ぎず、上記の第1の課題を解決した小形かつ低価格な回路で構成できる。

【0045】FFT256回路17には、図3の(c)の中から図3の(d)の部分を取り出して入力し、256サンプルポイントのFFT結果を出力する。図5の(a)は、FFT256回路17から出力される信号の波形を模式的に示したものであり、図17の両端に位置する(a)の部分のみ取り出した波形になっている。この波形は従来の回路で図17の(b)の部分を取り出した場合と異なり、第128サンプルクロックを境に時間の前後が逆転している。図1の遅延プロファイル生成回路18はこの順序を入れ替える回路であり、図4と類似の回路で実現できる。図5の(b)の様に第128サンプルクロックを境に順序を入れ替えると、従来の図19の(a)と同じ遅延プロファイル波形を得ることができる。

【0046】ところで、図5の(a)のインパルス181は、主波に対する先行波の位置にある。しかし、主波に対して128サンプルクロック期間以上遅延した遅延波によるインパルスが、FFTにより折り返されて生じたものとも考えることもできる。8キャリア毎にCPキャリアを持つ図11のキャリア配置を有するOFDM信号では、このインパルス181が先行波によって生じたものか、遅延波によって生じたものかを判断することは原理的にできない。しかし通常の遅延プロファイルの分布

では、図19の(b)の様に、先行波が分布する範囲は遅延波が分布する範囲より広くなる。従って、図5の(a)のインパルス181の様に主波より大きく先行した位置に生じたインパルスは、寧ろ主波より128サンプルクロック期間以上遅延した遅延波によるインパルスで生じる可能性の方が高いと考えられる。

【0047】そこで本実施の形態では、図1の遅延プロフィール生成回路18で、図5の(c)の様に、FFTのポイント数の範囲の midpoint である第128サンプルクロックより例えば更に64サンプルずれた位置のサンプルクロックを境に巡回的に順序を入れ替える。その結果、図5の(d)の様に、先行波の観測範囲と遅延波の観測範囲のアンバランスが解消され、また遅延波を先行波と見誤る可能性を低減できるため、上記の第2の課題を解決することができる。なおこの場合は、FFT回路から出力される信号が繰返される周期Mが、FFT回路のサンプルポイント数256に等しい場合に対応する。

【0048】遅延プロフィール生成回路18から出力された信号を用いて遅延プロフィールを観測する手順、及びピーク検出回路14に入力して信号切り出し回路8を制御する手順は従来と同様なので、説明を省略する。

【0049】この様に、本実施の形態による遅延プロフィール解析回路を用いると、OFDM信号の変調で実施するIFFTあるいは復調で実施するFFTのサンプルポイント数 $N_{ofdm}=2048$ の $1/8$ のサンプルポイント数に過ぎないサンプルポイント数 $M_{profile}=256$ ($<N_{ofdm}$)のFFT回路が有れば演算が可能である。そのため、入手すら困難で非常に高価な部品となっているサンプルポイント数の大きなFFT回路が不要になり、上記の第1の課題を解決して遅延プロフィール解析回路を有する装置の小形化や低価格化を実現できる。

【0050】また、上記の第2の課題である先行波の観測範囲と遅延波の観測範囲のアンバランスを解消できるので、先行波の観測範囲の無駄が低減できると共に広い範囲の遅延波を観測できるようになる。

【0051】また、遅延波や先行波の位置に発生する偽信号のレベルを低減できる。そのため、本来の遅延波や先行波の観測が困難になる第3の課題を解消できる。

【0052】次に、本発明の第2の実施の形態の受信装置と遅延プロフィール解析回路部の回路構成を図6に示す。この実施の形態は、本発明を日本のUHF帯の地上デジタル放送方式と同様のキャリア構造の場合に適用したものである。すなわち、パイロット信号Pが、図12のSPと書かれた「口」の様に周波数方向と時間方向にばらまかれた配置になっているキャリア構造の場合に適用したものである。

【0053】図12のキャリア構造の場合、受信信号の復調は、まずSPを時間方向に内挿して斜線で示すパイロットキャリアの基準信号(パイロットキャリア信号)を算出する。図12に斜線で示すパイロットキャリアの

配置は、パイロットキャリアが挿入される周期nが3キャリアに変更された点を除けば、図11のCPキャリアの配置と同様になる。そのため、第1の実施例におけるCPキャリアの信号の代わりに、時間方向に内挿して得たパイロットキャリア信号を遅延プロフィール解析回路に入力すれば、第1の実施例と同様に遅延プロフィールを算出することができる。

【0054】図6の回路において、SP時間方向内挿回路19は図12のSPを時間方向に内挿してパイロットキャリア信号を算出する回路であり、この回路の出力信号を破線で囲まれた遅延プロフィール解析回路部に入力する様にした点が、図1の回路と異なる。

【0055】本実施の形態によるキャリア構造では、パイロットキャリアの本数が約 $1400/8=176$ から約 $1400/3=467$ に増加するため、FFTのポイント数を256ポイントから512ポイントに増やす必要がある。そのため図1の256ポイントのFFT256回路17を512ポイントのFFT512回路17'に代えた。

【0056】しかし、その他の回路であるPキャリア抽出&並べ替え回路15、窓関数乗算回路16、遅延プロフィール生成回路18は、パイロットキャリアの周期nが8キャリア毎から3キャリア毎に変更される点を除けば同じ回路である。従って図6の各回路の動作は第1の実施の形態の場合と本質的に同一であり、第1の実施の形態と同様の効果が得られることは自明である。そこで、本実施の形態では回路の詳細な動作の説明を省略する。

【0057】この様に、本実施の形態による遅延プロフィール解析回路においても、OFDM信号の変調で実施するIFFTあるいは復調で実施するFFTのポイント数 $N_{ofdm}=2048$ の $1/4$ のポイント数に過ぎないポイント数 $M_{profile}=512$ ($<N_{ofdm}$)のFFT回路が有れば演算が可能である。そのため、入手すら困難で非常に高価な部品となっているポイント数の大きなFFT回路が不要になり、上記の第1の課題を解決して遅延プロフィール解析回路を有する装置の小形化や低価格化を実現できる。また第1の実施の形態と同様に、上記の第2の課題と第3の課題も解消できるのは明らかである。

【0058】次に、本発明の第3の実施の形態の受信装置と遅延プロフィール解析回路部の回路構成を図7に示す。図3の(a)で説明したように、FFT2k回路9から出力される信号は、Aの部分とBの部分のように分離されしかも順序が入れ替わって出力されるが、図8の(b)の様にデータキャリアも含めて全てのキャリア位置の順序を前もって入れ替えておくと、CP信号を周波数方向に内挿して各キャリアの基準信号を算出する演算等、受信後処理回路10で実施する信号処理が容易になる利点が得られる。図7の回路は、この様な場合に本発

明を適用する場合の回路構成である。

【0059】図7において、上下交換回路20が、このキャリア位置の順序を前もって入れ替えておく回路である。破線で囲まれた遅延プロファイル解析回路部で実施する信号処理の内容は第1の実施の形態と同様であるが、図1のPキャリア抽出&並べ替え回路15で実施していた図3の(c)のキャリア順序の交換は上下交換回路20で実施されるため不要になる。そのため、Pキャリア抽出&並べ替え回路15'で実施する処理は、CPキャリアの信号をサンプルクロック毎に連続的に並べ直して出力する処理のみでよく、その内部回路の構成は図9の様に簡単化することができる。遅延プロファイル解析回路の他の信号処理方法は第1の実施の形態と同様なので説明を省略する。以上、本実施の形態では第1の実施の形態と同じキャリア構造、すなわち図11のキャリア構造の場合を例に説明したが、図12のキャリア構造の場合にも同様の効果を得ることができるのは明らかである。

【0060】この様に、本実施の形態においては、第1の実施の形態と同様の効果が得られるだけでなく、更にPキャリア抽出&並べ替え回路15'の回路構成を小形化することができる効果が得られる。

【0061】なお、遅延プロファイル解析回路のFFT256回路17あるいはFFT512回路17'に入力する信号を図3の(c)の信号から切り出す位置は、必ずしも図3の(d)の様にBの部分から開始する必要はなく、Bの部分とAの部分の全ての信号が含まれていれば、図3の(e)の様に少しずれた位置を切り出しても良い。この場合、FFT256回路17あるいはFFT512回路17'から出力される信号の位相角が回転するが、遅延プロファイル解析では振幅成分のみが必要なので何ら問題は生じない。

【0062】また、第1の実施の形態では、図3の(c)の様にBの部分とAの部分の信号を連続的に並べ替えた後、破線曲線の窓関数を乗算しているが、図3の(f)の様に、Bの部分とAの部分の順序を入れ替える代わりに破線曲線の窓関数を分割してAの部分とBの部分に個別に窓関数を乗算するようにしても良い。これは、FFTでは入力される信号が無限に繰り返されると仮定して逆フーリエ変換する為であるが、詳細の説明についてはフーリエ変換に関する教科書に譲る。

【0063】また、以上の説明ではFFT、IFFTは全て2のべき乗にすることを前提に説明した。これは、2のべき乗以外のサンプルポイント数のFFTあるいはIFFT演算を実施する回路を構成するのが困難な為である。しかし、DSPあるいはプログラムで処理する場合は必ずしも2のべき乗にする必要はないことを断っておく。

【0064】また、以上の説明では、遅延プロファイル解析回路のFFT回路の回路規模が最小になるように、

サンプルポイント数を最小の2の乗乗値にする場合を例に説明した。しかし、FFTのサンプルポイント数 N_{ofdm} より少ないサンプルポイント数 $M_{profile}$ ($< N_{ofdm}$)のFFT回路を用いれば、回路の小形化と低価格化に対して、効果は低減されるものの同様の効果を得ることができる。

【0065】この場合、例えば単に図3の(c)から切り出す範囲を256ポイントから512ポイントに増やしてFFTを実施するようにする方法と、図3の(b)でCPを連続的に並べるのではなく、 n より少ないサンプルクロック毎に連続的に並べた信号、例えばCP信号と零信号を交互に並べて形成される信号の512ポイントの信号を切り出してFFTする方法がある。

【0066】後者の方法の場合、FFTの出力波形は図5の(a)の波形の間に図17の(b)の領域に対応する波形が挿入された波形になる。そのため(b)に相当する部分を抜き出すだけで遅延プロファイルを得ることができ、遅延プロファイル生成回路18が簡単になり小形化できる効果が得られる。一方前者の場合、算出される遅延プロファイルの時間方向の分解能が上がる効果が得られる。

【0067】また、以上の説明では、遅延プロファイル解析回路でCPキャリアの信号あるいはSP信号を時間方向に内挿して算出したパイロットキャリアの信号を抽出する場合を例にとりて説明した。しかし、受信後処理回路10内部で算出する周波数方向に内挿して求めた基準信号を入力し、CPキャリアあるいはパイロットキャリアの周期 n と同じ周期の基準信号を任意のタイミングで順次抽出して用いても良い。

【0068】また、以上の説明では図11あるいは図12で挿入されている全てのCPキャリアあるいはパイロットキャリアの信号を抜き出して遅延プロファイル解析回路のFFTに入力する場合を説明したが、その一部のみを抜き出して入力するようにしても良い。ただし、この場合は算出された遅延プロファイルの遅延時間の分解能が低下する。従って、 N 本のキャリアの間にパイロット信号 P を n 本毎に挿入されて成るOFDM信号である時は、遅延プロファイル解析回路が有するFFT回路のポイント数 $M_{profile}$ は、 N_{ofdm}/n より大きいか等しい最小の整数値($= \text{ceil}(N_{ofdm}/n)$)あるいは最小の2のべき乗値であることが望ましい。

【0069】また、第1の実施例で用いた遅延プロファイル生成回路18を図15の従来の回路の遅延プロファイル生成回路13の代わりに用いることもできる。この場合、従来の回路においても、第2の課題である先行波の観測範囲と遅延波の観測範囲のアンバランスを解消し、先行波の観測範囲の無駄が低減できると共に広い範囲の遅延波を観測できるようにすることができる。なおこの場合は、FFT回路から出力される信号の繰り返し周期 M がFFTのポイント数2048の $1/8$ の256

サンプルクロック周期である場合に対応する。

【0070】また、以上、受信装置の場合を例にとって説明したが、遅延プロファイル測定装置等、受信装置以外の装置でも、遅延プロファイル測定回路を有する装置であれば同様の効果が得られるのは言うまでもない。

【0071】

【発明の効果】本発明によれば、遅延プロファイルの演算を、小形で低価格なFFTを用いて構成することができる直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置を提供することができる。また本発明によれば、 $\pm 83 \mu\text{sec}$ 等の遅延プロファイルを観測できる全時間幅を維持したまま、遅延波を観測できる範囲を先行波を観測できる範囲より広くでき、通常発生する遅延プロファイルの分布に合ったバランスの良い範囲の遅延プロファイルを表示できる直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置を提供することができる。さらに本発明によれば、インパルスの詳細な波形で遅延波や先行波の位置に現れる偽信号のレベルを低減し、正確な遅延プロファイルの分布波形を得ることができる直交周波数分割多重変調方式の受信信号の遅延プロファイルを解析する回路を有する装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の受信装置と遅延プロファイル解析回路部の回路構成を示す図である。

【図2】図1のP（パイロット）キャリア抽出&並べ替え回路の動作を説明する図である。

【図3】本発明による遅延プロファイル解析回路の動作を説明する図である。

【図4】図1のP（パイロット）キャリア抽出&並べ替え回路の回路構成の例を示す図である。

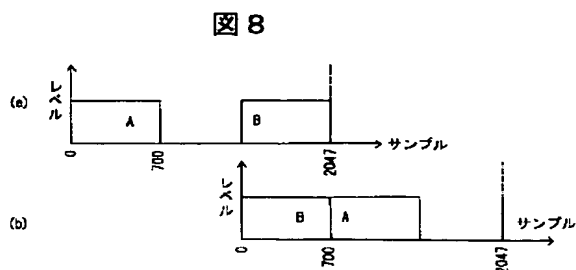
【図5】図1の遅延プロファイル生成回路の動作を説明する図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態の受信装置と遅延プロファイル解析回路部の回路構成を示す図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態の受信装置と遅延プロファイル解析回路部の回路構成を示す図である。

【図8】図7の遅延プロファイル解析回路部の動作を説

【図8】



明する図である。

【図9】図7のP（パイロット）キャリア抽出&並べ替え回路の回路構成を示す図である。

【図10】OFDM方式の搬送波構造を説明する図である。

【図11】パイロット信号としてCPを配置する搬送波構造を示す図である。

【図12】パイロット信号としてSPを配置する搬送波構造を示す図である。

10 【図13】送信装置の回路構成を示す図である。

【図14】OFDM信号の時間波形を説明する図である。

【図15】従来の受信装置と遅延プロファイル解析回路部の回路構成を示す図である。

【図16】従来の遅延プロファイル解析回路部の信号処理を説明する図である。

【図17】従来の遅延プロファイル解析回路部のIFFT回路の出力波形を説明する図である。

20 【図18】主波、遅延波、先行波の時間関係を説明する図である。

【図19】従来の遅延プロファイル解析回路部で得られる遅延プロファイル波形を説明する図である。

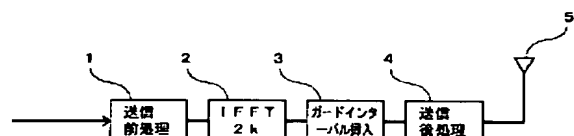
【図20】従来の遅延プロファイル解析回路部で得られる遅延プロファイル波形に現れる偽信号を説明する図である。

【符号の説明】

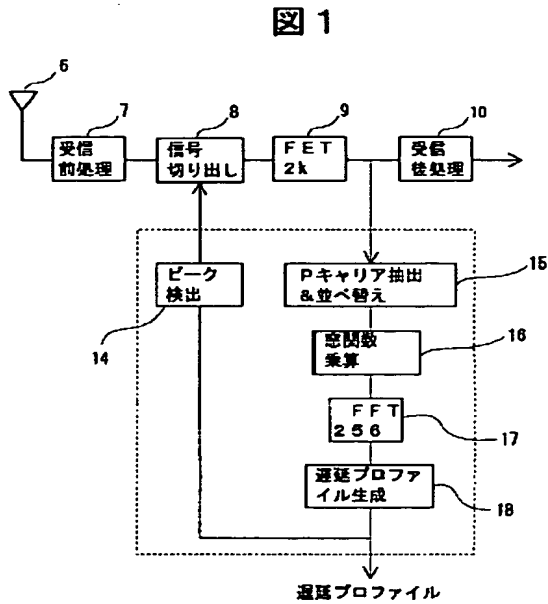
1：送信前処理回路、2：IFFT2k回路、3：ガードインターバル挿入回路、4：送信後処理回路、5、6：アンテナ、7：受信前処理回路、8：信号切り出し回路、9：FFT2k回路、10：受信後処理回路、11：Pキャリア抽出&ゼロ挿入回路、12：FFT2k回路、13：遅延プロファイル生成回路、14：ピーク検出回路、15：Pキャリア抽出&並べ替え回路、16：窓関数乗算回路、17：FFT256回路、17'：FFT512回路、18：遅延プロファイル生成回路、19：SP時間方向内挿回路、20：上下交換回路、151、154：スイッチ、152、153：FIFO。

【図13】

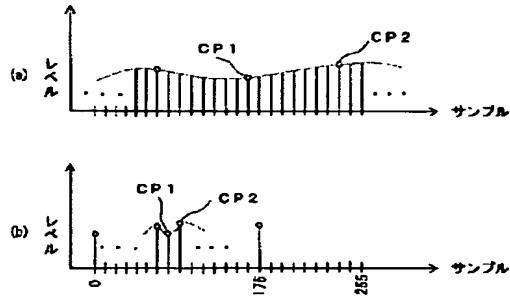
図13



【图 1】



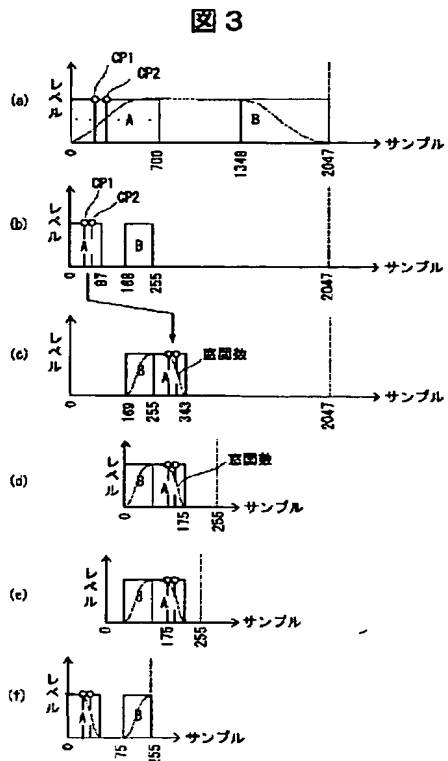
【图2】



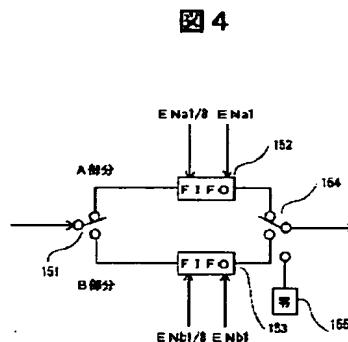
【圖9】

图 9

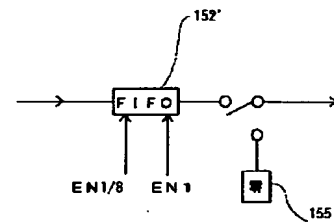
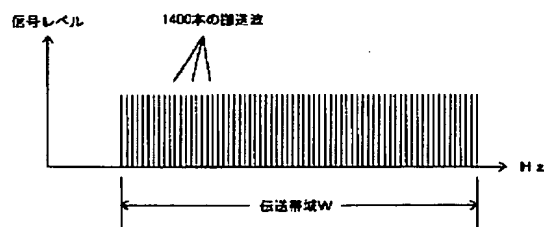
【图3】



【图4】

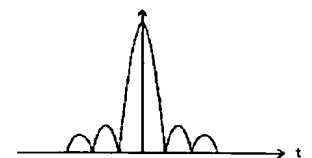


【図 10】



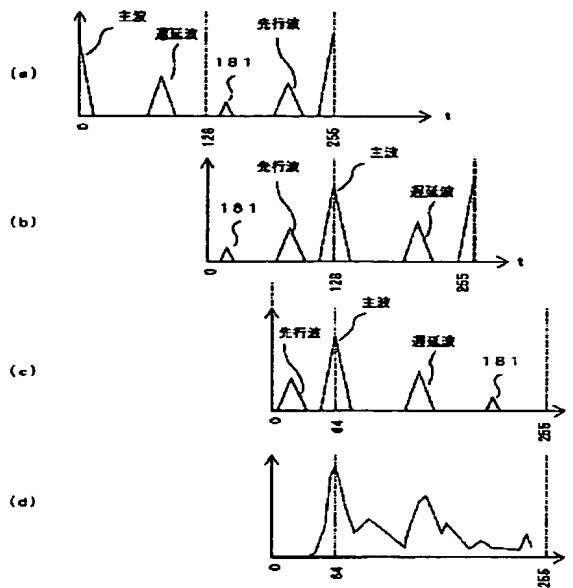
【図 20】

图20



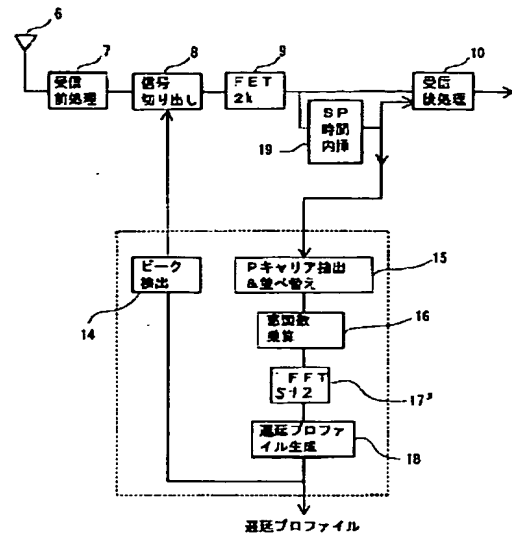
【図5】

図5



【図6】

図6

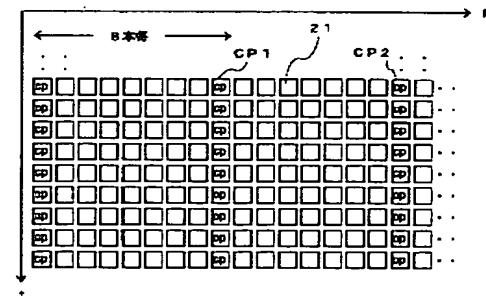
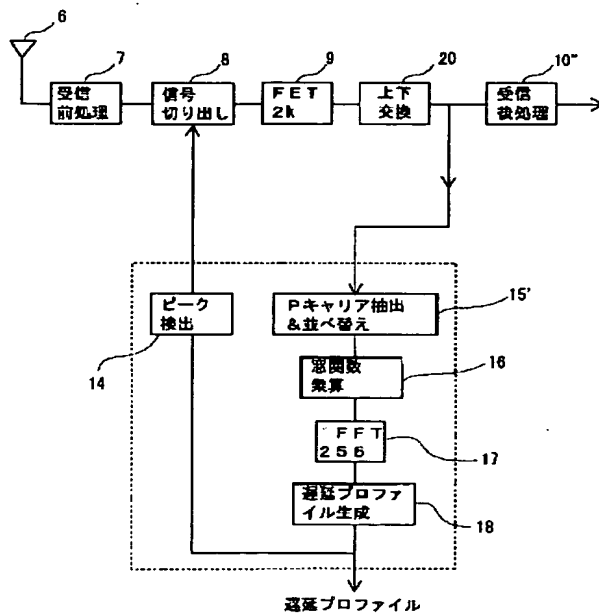


【図11】

図11

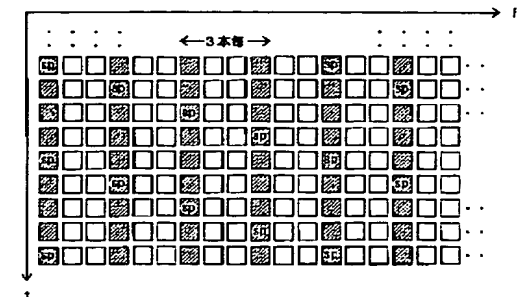
【図7】

図7



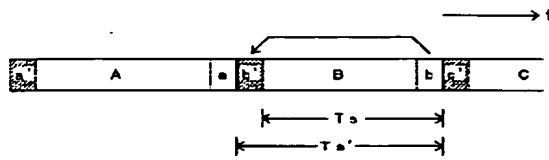
【図12】

図12



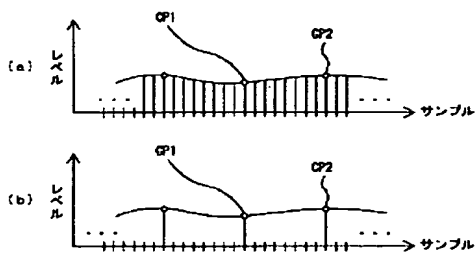
【図14】

図14



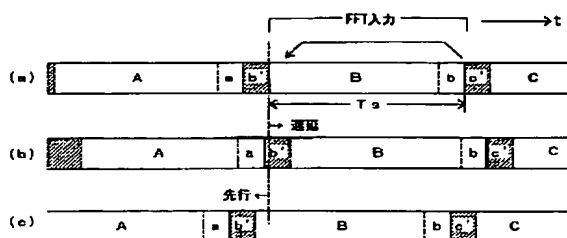
【図16】

図16



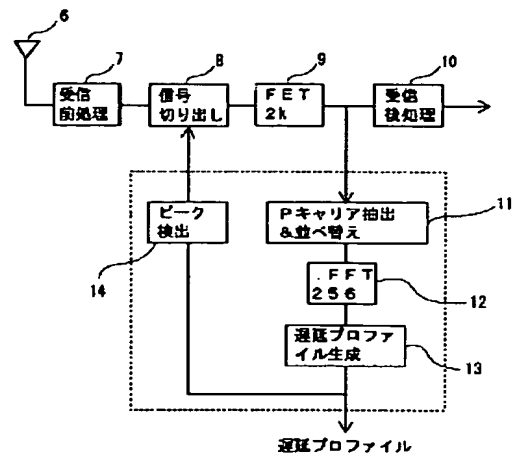
【図18】

図18



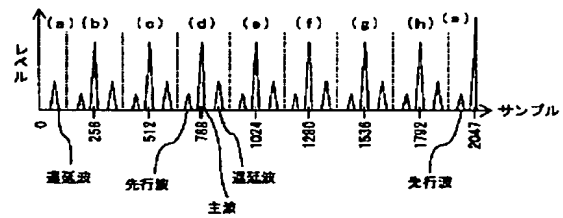
【図15】

図15



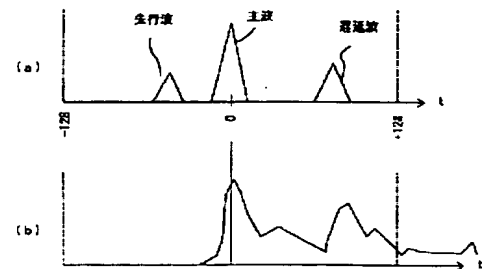
【図17】

図17



【図19】

図19



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**